

**DETEKSI KEBOCORAN PIPA AIR BERSIH MENGGUNAKAN
ALGORITMA *CUBIC SUPPORT VECTOR MACHINE* (SVM)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat
Strata-1 Pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun oleh:

FADRUN
20180130179

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

2021

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fadrun
Nomor Induk Siswa : 20180130179
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Penelitian : Deteksi Kebocoran Pipa Air Bersih Menggunakan
Algoritma *Cubic Support Vector Machine* (SVM)

Dengan ini saya menyatakan sesungguhnya tugas akhir ini bagian dari penelitian dosen pembimbing Ir. Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc, Ph.D dan tidak ada karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak ada karya pernah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang tertulis dan disebutka dalam sumber dalam naskah dan dalam daftar pustaka. Semua publikasi dari penelitian ini harus mendapat ijin dari dosen yang bersangkutan.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik apabila ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Yogyakarta, 21 Januari 2021

Yang membuat pernyataan



Fadrun
NIM: 20180130179

HALAMAN PERSEMBAHAN



“Dia memberikan hikmah (ilmu yang berguna) kepada siapa yang dikehendaki-Nya. Barang siapa yang mendapat hikmah itu sesungguhnya ia telah mendapat kebajikan yang banyak. Dan tiadalah yang menerima peringatan melainkan orang-orang yang bertawakal”. (Q.S. Al-Baqarah : 269)

Allhamdulillahirabbil’alamiin, puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat-Nya dan banyak bantuan yang telah diberikan dari berbagai pihak, baik material, bimbingan dan dorongan semangat. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan dan ketulusan hati penulis mengucapkan rasa terimakasih kepada:

1. Bapak Ir. Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc, Ph.D, selaku Ketua Prodi S1 Teknik Mesin Universitas muhammadiyah Yogyakarta dan sekaligus sebagai pembimbing satu tugas akhir atas bimbingan, bantuan, masukan, dan saran yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan penuh kesabaran dan keiklasan.
2. Bapak Drs. Sudarisman, M.S. Mechs., Ph.D, selaku dosen pembimbing dua tugas akhir atas bimbingan, bantuan, masukan dan saran yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan penuh kesabaran dan keikhlasan.
3. Bapak Ir. Aris Widyo Nugroho, S.T., M.T., Ph.D, selaku dosen penguji tugas akhir atas bimbingan, bantuan, masukan dan saran yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Segenap Dosen dan Karyawan Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, serta staf ruang pelayanan mahasiswa Mbak Wahyu Widiasih, S.P yang telah banyak memberikan penyampaian informasi perkuliahan.

5. Ibunda dan Ayahanda tercinta, Ibu Sartina dan Bpk. Kaisar Nurdin terima kasih atas kasih sayang dan doa yang kalian berikan.
6. Kakak-kakak tersayang Lisnawati dan Mirna Nurdin tersayang, telah memberikan motivasi, nasehat serta dukungan.
7. Rekan seperjuangan Tim Tugas Akhir Deteksi Kebocoran Pipa Air
8. Teman-teman Teknik Mesin UMY angkatan 2018, terutama mahasiswa ekstensi yang selalu memberi dukungan satu sama lain.
9. Semua pihak yang telah membantu dan memotivasi baik secara langsung maupun tidak langsung.

Dalam penyusunan laporan ini, penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan. Saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan sebagai bahan masukan untuk perbaikan. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan dengan baik dalam bidang ilmu pengetahuan, teknik dan para pembaca.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji dan rasa syukur mendalam penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya maka laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Salam dan salawat semoga selalu tercurahkan pada baginda Rasulullah Muhammad SAW, kepada keluarga, para sahabat, serta seluruh umatnya hingga akhir zaman, Aamiin. Penyusunan Tugas Akhir ini guna memenuhi syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan judul “Deteksi Kebocoran Pada System Jaringan Pipa Air Menggunakan Metode Algoritma *Cubic Support Vector Machine* (SVM)”.

Penyusun menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis berharap kritik dan saran yang sifatnya membangun guna membantu Tugas Akhir ini lebih baik lagi kedepannya.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat dan berguna untuk referensi dalam pengembangan penelitian selanjutnya. Akhir kata dengan segala keterbatasan penulis saya ucapkan banyak terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 21 Januari 2021

Penyusun



Fadrun

NIM: 20180130179

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
INTISARI	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan.....	5
1.5 Manfaat	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	7
2.1 Kajian Pustaka	7
2.2 Landasan Teori	12
2.2.1 <i>Machine Learning</i>	12

2.2.2 <i>Support Vector Machine</i>	13
2.2.3 <i>Kernel Function</i>	17
2.2.3.1 <i>Kernel RBF</i>	18
2.2.3.2 <i>Kernel Polynomial</i>	18
2.2.3.3 <i>Kernel Linear</i>	18
2.2.4 Parameter Statistik	19
2.2.5 Sensor	25
2.2.6 Pengertian Getaran	27
2.2.7 Karakteristik Getaran	27
2.2.8 Sinyal Getaran	30
2.2.9 Analisis Spektrum	31
2.2.10 <i>Principal Component Analysis</i>	31
2.2.11 Getaran pada Jaringan Pipa	34
2.2.12 Multi Class SVM	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	40
3.1 Diagram Alir Penelitian	40
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	39
3.3 Alat dan Bahan	39
3.3.1 Alat	39
3.3.2 Bahan	44
3.4 Prosedur Penelitian	45
3.5 Pengaturan Parameter Akuisisi Data	46
3.6 Pengolahan Hasil Data Akuisisi	47

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	56
4.1 Analisis Parameter Statistik	56
4.1.1 Hasil Ekstraksi Parameter Domain Waktu	56
4.1.2 Hasil Ekstraksi Parameter Domain Frekuensi	63
4.2 Analisis <i>Principal Component Analysis</i>	67
4.2.1 Analisis PCA Domain Waktu	67
4.2.2 Analisis PCA Domain Frekuensi	69
4.3 Klasifikasi <i>Cubic SVM</i>	70
4.3.1 Hasil Klasifikasi <i>Cubic SVM</i> Data Domain Waktu	71
4.3.2 Hasil Klasifikasi <i>Cubic SVM</i> Data Domain Frekuensi	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	77
5.1 Kesimpulan	77
5.2 Saran	78
HALAMAN PERSEMBAHAN	79
DAFTAR PUSTAKA.....	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur <i>Machine Learning</i>	12
Gambar 2.2	Ilustrasi Metode SVM	14
Gambar 2.3	Data non linier	17
Gambar 2.4	<i>Accelerometer</i>	26
Gambar 2.5	Flow Meter Digital	26
Gambar 2.6	Getaran Pegas	27
Gambar 2.7	Amplitudo Getaran	29
Gambar 2.8	Harmonik	29
Gambar 2.9	Metode analisa sinyal <i>vibrasi</i> berbasis domain waktu	31
Gambar 2.10	Proses <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	32
Gambar 2.11	Dua dimensi data buatan, (a) tidak berkorelasi, (b) berkorelasi PC2.....	33
Gambar 2.12	<i>Plotting principal component</i> , PC1 dan PC2	33
Gambar 2.13	Data yang ditransformasikan pada dua <i>principal component</i> PC2.....	34
Gambar 2.14	Contoh klasifikasi dengan metode <i>One-against-all</i>	37
Gambar 2.15	Contoh klasifikasi dengan metode <i>One-against-one</i>	38
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	40
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)	41
Gambar 3.3	Skema Alat Uji	43
Gambar 3.4	Rig Uji Penelitian	44
Gambar 3.5	Pompa Sentrifugal	45
Gambar 3.6	<i>Flow</i> meter digital	46

Gambar 3.7	Peralatan akuisisi data	46
Gambar 3.8	Sensor <i>Accelerometer</i>	47
Gambar 3.9	Kabel <i>Connector</i>	47
Gambar 3.10	Modul DAQ	48
Gambar 3.11	<i>Ball Valve</i>	48
Gambar 3.12	Karet Peredam	49
Gambar 3.13	(a) Pipa Normal/tidak bocor, (b) Pipa Bocor I/diameter kebocoran 3 mm, (c) Pipa Bocor II/diameter kebocoran 10 mm.....	50
Gambar 3.14	Skema Pengambilan Data Setiap Kondisi Variasi	52
Gambar 3.15	Diagram Alir Pengolahan Data Akuisisi	54
Gambar 3.16	Diagram Alir Pengolahan Data Akuisisi (lanjutan)	55
Gambar 4.1	Plot Parameter Statistik <i>Mean</i>	57
Gambar 4.2	Plot Parameter Statistik RMS	57
Gambar 4.3	Plot Parameter Statistik Standar Deviasi	58
Gambar 4.4	Plot Parameter Statistik <i>Peak Value</i>	59
Gambar 4.5	Plot Parameter Statistik <i>Kurtosis</i>	60
Gambar 4.6	Plot Parameter Statistik <i>Crest Factor</i>	60
Gambar 4.7	Plot Parameter Statistik <i>Skewness</i>	61
Gambar 4.8	Plot Parameter Statistik <i>Variance</i>	62
Gambar 4.9	Plot Parameter statistik <i>mean frequency</i>	63
Gambar 4.10	Plot parameter statistik <i>median frequency</i>	64
Gambar 4.11	Plot parameter statistik RMS <i>frequency</i>	65
Gambar 4.12	Plot parameter statistik SNR	65

Gambar 4.13	Plot parameter statistik SINAD	66
Gambar 4.14	Grafik Pareto Parameter Statistik Domain Waktu	68
Gambar 4.15	Grafik Pareto Parameter Statistik Domain Frekuensi	69
Gambar 4.16	<i>Confusion matrix cubic</i> SVM berbasis domain waktu	72
Gambar 4.17	<i>Confusion matrix cubic</i> SVM berbasis domain frekuensi	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penggunaan parameter statistik domain waktu dan domain frekuensi	11
Tabel 2.2	Contoh 3 SVM biner dengan metode <i>One-against-all</i>	36
Tabel 2.3	Contoh 3 SVM biner dengan metode <i>One-against-one</i>	38
Tabel 3.1	Spesifikasi Pompa Sentrifugal	45
Tabel 3.2	Spesifikasi Pipa Galvanis	49
Tabel 3.3	Jumlah Parameter Statistik Domain Waktu dan domain frekuensi	52
Tabel 4.1	Hasil Akuisisi Data	56
Tabel 4.2	Kontribusi parameter statistik domain frekuensi pada PC	68
Tabel 4.3	Kontribusi parameter statistik domain frekuensi pada PC	70
Tabel 4.4	Hasil klasifikasi <i>cubic</i> SVM berbasis domain waktu	71
Tabel 4.5	Hasil klasifikasi <i>cubic</i> SVM berbasis domain frekuensi	73

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Script</i> Pengambilan Data Akuisisi	84
Lampiran 2. <i>Script</i> Ekstraksi Parameter Statistik Domain Waktu	85
Lampiran 3. <i>Script</i> Matlab PCA Domain Waktu	89
Lampiran 4. <i>Script</i> Matlab <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT)	90
Lampiran 5. <i>Script</i> Ekstraksi Parameter Statistik Domain Frekuensi	91
Lampiran 6. <i>Script</i> Matlab PCA Domain Frekuensi	94